

製品評価における試験手順の自動生成に向けた手法の検討

大森信行[†]

森辰則[‡]

[†]横浜国立大学大学院環境情報学府
長野県工業技術総合センター

[‡]横浜国立大学大学院環境情報研究院

E-mail: {ohmori, mori}@forest.eis.ynu.ac.jp

1 はじめに

製造業における製品評価のための試験工程においては、試験項目の選定は人手で行うことが一般的であるが、必ずしも手順が確立されておらず試行錯誤的な作業となるため、時間のかかる作業と言える。そこで、これらの作業の効率化を目指し、試験対象製品の構成部品の情報に基づいて試験項目候補を自動で選択し、試験手順作成(試験項目・設備・担当者)を支援する手法を検討している。

本論文では、試験対象製品に適した試験項目候補の自動選択に向け、試験対象製品を構成する部品情報を獲得するための手法について提案し、実験を通して有効性を検証する。

2 背景とアプローチ

2.1 試験手順作成の現状

製造業における製品開発では、市場におけるニーズの多様化にともない多品種少量生産が導入され開発効率の向上が望まれている。また、製品の安全性や信頼性等、品質に対しても利用者の関心が高まっており、品質向上も課題となってきた。こういった背景から、製品開発の現場においては、人員・開発期間・コストを中心とする開発リソースの削減と、安全性・信頼性の向上のために高い品質の確保が求められている。

これらの要求を実現するために、我々は、製品の品質評価を行う試験工程において、試験項目候補の検索・選択を自動化し、試験手順作成を支援する手法を検討している。本研究では、製品の信頼性試験、耐久性試験等を対象とする。これらは、輸送時や利用時に製品が受けることが予想される温度や振動等の負荷を加えて不具合の有無を確認するための試験である。これらの試験は、様々な種類の製品が対象になること、多様な種類の試験がある、等の特徴があり、それらから対象製品に適した試験項目を選定することは、人手で行うことが一般的であり時間のかかる作業となる。このため、特に本研究の対象とした。

そこで、これらの作業の効率化を目指し、評価対象製品の構成部品の情報に基づいて試験項目候補を自動選定し、試験手順作成(試験項目・設備・担当者)を支援する。

試験手順生成にあたり、以下の3点を決定する必要がある。

- (1) 対象製品の評価に適する試験項目の選択
- (2) その試験項目が実施できる設備の選択

(3) その試験項目または設備の担当者の選択

試験手順作成では設備や担当者の決定の前に(1)を決定する必要があることから、本論文ではこのうち、試験項目の選択について、人手で行う際に参照する情報源やその利用方法について以下に述べる。

一般的な試験の条件や方法は公的規格や業界規格として規定され公開されているものがある。この他に、メーカーあるいは特定の製品向けの試験内容が社内規格として規定される場合もある。試験手順作成においては、これらを参照し、類似する製品についての規格や、製品の利用環境で生じる負荷を模擬する規格を試験項目として選択する。規格によっては、試験に利用する試験設備が例示されている場合もある。

一方、不具合事例情報として、メーカーで製造・販売した製品や部品についての不具合や事故の事象、原因、対策等の情報の蓄積が行われている[1,2]。不具合事例情報から対象製品と類似する製品に過去に発生した不具合の原因等が得られれば、原因と同様の負荷を与える試験項目、設備を選択し、事例と同様の状況に不具合が発生するかどうかを判断する。

また、試験報告書等の技術文書としてメーカーが実施した試験の対象製品や実施した試験項目、利用した試験設備、試験担当者を記録する場合がある。これらの試験では、発生した不具合を再現させたり、再発防止のための改良の効果を評価したりすることがある。試験報告書等におけるこれらの記述は、試験において再現すべき不具合や試験項目の決定に参考になる。

2.2 問題点解決のアプローチ

製品の信頼性試験、耐久性試験では、製品の輸送時や利用時に受ける負荷を再現する試験項目を選択することが望ましいが、不具合の発生する環境や使い方等の正確な予測は難しい。

しかし、製造メーカーで過去に製造販売実績が蓄積されている製品では、市場での不具合の発生状況や過去の試験項目を参考にでき、必ずしも負担の大きな作業とはならないことも多い。

これに対して、必ずしも過去の試験を参考にできないことがある。例えば、ベンチャー企業にて新たに開発した製品の場合のように、過去の試験事例が十分に蓄積されていない場合である。また、既存製品であっても新たな市場への導入を検討する場合は、製品の利用環境や状況が

開発当初のものとは異なり、過去に行った試験が新たな環境には適していないことがあり得る。

このように新たな市場向けの製品では、製品の利用環境や状況を考慮して、新たに最適な試験項目を決定する必要があり、これは負担の大きな作業となる。

これらの問題点について、本研究では、製品の試験はその個々の構成部品について行う必要があるため、次のアプローチで構成部品に着目して試験項目の決定作業を支援する。

- (1) 実績のない製品へ対応するために、過去の不具合事例等から試験対象製品の構成部品についての事例を探す。
- (2) その不具合が生じる可能性があるため、当該事例の状況と同様の負荷を加える試験項目を候補として利用者に提示し、不具合事例の発生状況を試験において再現することを促す。
- (3) これらの候補提示の自動化により調査時間の短縮とともに試験項目の漏れ防止を実現する。

製品、部品について発生した不具合内容を記述した不具合事例文書から、(1)で述べた試験対象と類似した製品の不具合事例等を検索するには、試験対象製品に含まれる部品を表す語句を得て、これを不具合事例文書に含まれる語句と、照合する必要がある。つまり、対象製品と全体-部分関係にある語句を不具合事例文書に見つけ出すことが必要になる。これは例えば、PC の試験項目の決定にあたり、PC に内蔵される HDD やメモリについての不具合事例を参考にする場合に相当する。

本論文では、特に試験対象製品の構成部品についての不具合事例の検索のために、WWW 文書、試験対象製品を表す単語、試験対象製品の部品を表す少量のシード単語を入力し、WWW 文書内に出現する試験対象製品の部品を表す単語を自動的に獲得する手法を提案する。

本手法は、WWW 文書から試験対象製品の部品情報を獲得することを目的として、ブートストラップにより関係獲得を行う汎用的な *Espresso* アルゴリズム[3]に改良を加えたものである。試験計画作業の効率化を目的としていることから、単語の獲得にあたり、作成コストの大きな辞書を用いず人手をできるだけかけずに単語を獲得するため、ブートストラップ手法の利用を検討した。

3 関連研究

本研究では、試験対象製品を構成する部品を表す単語の獲得を目指しており、その本質は製品と全体-部分関係にある単語を順位づけし獲得することにある。全体・部分に対応する単語対が獲得対象となるので、これをインスタンスと呼ぶ。新たなインスタンスの獲得のために、ブートストラップ手法を用いた研究について述べる。これらは、少量のシードインスタンスから、新たなインスタンスを得るためのパタンの抽出と、新たなインスタンス獲得を反復的に行うものである。

3.1 関連研究

全体-部分関係の獲得では、人体部位同士の関係にある単語対をインスタンスとして獲得する研究[4]がある。この研究では、複数のパタンの間の関係を利用し、ブートストラップの反復によるノイズ発生を防いでいる。

ブートストラップ手法では反復の際にいったん多数のインスタンス集合と共起するパターン(ジェネリックパターン)を獲得すると、それ以降獲得するインスタンスはシードとの関連性の低いものに移り変わってしまう(意味ドリフト)という問題がある[5,6]。ジェネリックパターンは多数のインスタンスを獲得できるが獲得すべきでないインスタンスも獲得してしまう。あるカテゴリに属する単語をインスタンスとし、シードと検索クエリログから、インスタンスと検索クエリのパターンを獲得する研究[5]では、ジェネリックパターンの獲得を防ぐため共起インスタンス数に基づいてパターンがジェネリックパターンであるかどうか判断を行っている。

WWW 文書を対象として獲得した HTML パターンにより共通の上位概念を持つ語彙を獲得する研究[7]では、パターンに一致して抽出された単語のうち出現ページ数が一定以上のものを獲得することで、誤った単語の獲得を防いでいる。

3.2 本研究の位置づけ

本研究では、工業製品とその構成部品において成立する全体-部分関係を対象としており、不具合事例文書に現れる部品を表す語句を同定する。その際に検索対象となる不具合事例文書とは別に、大規模な文書集合として WWW 上の文書を利用する。これは、不具合事例文書は特定の製品、部品について発生した不具合を記述したものであり、それ以外の製品、部品についての全体-部分関係が記述されないことが多く、不具合事例文書のみからでは全体-部分関係の獲得が困難であると考えたためである。

関係獲得において抽出したパターンを利用する研究は広く行われているが、本研究の貢献は、a)全体-部分関係のうち、試験対象製品を構成する部品のみの獲得を目的とする点、b)汎用的な関係獲得手法である *Espresso* アルゴリズムを基にして、対象製品と全体-部分関係にある単語を獲得するための改良を行っている点にあると考える。

4 提案手法

提案手法の基となる *Espresso* アルゴリズムと、試験対象製品の部品情報を獲得することを目的とした *Espresso* に対する改良点について述べる。

4.1 Espresso アルゴリズム

Espresso の動作は、インスタンスと共起するパタンの抽出、パタンの順位づけ・獲得、インスタンス獲得の繰り返しである。システムへ入力されたシードインスタンス(特定の関係にある単語対の集合)によるパターン抽出から開始する。

Espresso は、ジェネリックパタンの扱いに特徴がある。大規模な文書集合では、ジェネリックパターンにより獲得されているが、インスタンスとして正しいものは、適合率は高いが再現率は低い。パターンとも共起すると仮定し、これに基づいてインスタンスとパタンの信頼度を計算する。

パターン p の信頼度 $r_{\pi}(p)$ は、インスタンス集合 I に含まれるインスタンス i との自己相互情報量をインスタンスの信頼度により重み付けしたものの平均値により定義される。

$$r_{\pi}(p) = \frac{\sum_{i \in I} \frac{pmi(i, p)}{\max_{pmi}} r_i(i)}{|I|}$$

ここで、 $r_i(i)$ はインスタンス i の信頼度、 \max_{pmi} は、全パターンと全インスタンスの間の自己相互情報量の最大値である。人手により与えられたシードインスタンスの信頼度 $r_i(i)$ は1とする。 $pmi(i, p)$ は、単語 x と y が構成するインスタンス $i = \{x, y\}$ と、パターン p との自己相互情報量であり、次の式により推定する。

$$pmi(i, p) = \log \frac{|x, p, y|}{|x, *, y| * |*, p, *|}$$

ここで、 $|x, p, y|$ は単語 x および単語 y を伴うパターン p の頻度であり、 $*$ は、ワイルドカードを表す。自己相互情報量では、低頻度のインスタンス、パターンに大きなスコアを割り当てる傾向があるため、信頼度計算においては、 $pmi(i, p)$ と discounting factor との積を利用する。

インスタンス i の信頼度 $r_i(i)$ は、パタンの信頼度と同様に定義する。

$$r_i(i) = \frac{\sum_{p \in P} \frac{pmi(i, p)}{\max_{pmi}} r_{\pi}(p)}{|P|}$$

ここで、 \max_{pmi} はパターン信頼度の計算と同じ値である。このように、インスタンスとパタンの信頼度を再帰的に定義する。

4.2 提案手法

提案手法では *Espresso* アルゴリズムに基づいて以下の3点の改良を行った。

(1) *Espresso* アルゴリズムによる部品獲得の予備実験を行ったところ、反復を繰り返しても新たなインスタンスが獲得できないことが判明した。これは、パタンの信頼度計算の結果、シードインスタンスを含む獲得済みのインスタンスのみと共起するパターンが上位にランキングされて獲得されるため、未知のインスタンスと共起する新規パターンが獲得できなかったためである。そこで、各反復において未獲得の新たなインスタンスと共起するパターンのみを獲得するという獲得パタンの共起範囲制御を提案する。これにより、

反復の進展にしたがって新たなインスタンスが獲得できるようになることが期待される。

(2) インスタンス、パターン双方の獲得時に小町ら[6]の提案するそれぞれパターン、インスタンスとの共起数に基づいて、ジェネリックでないもののみを獲得する。ここで、ジェネリックなもの判断基準として、インスタンスでは、既に獲得されたインスタンスのうち、最も共起パターンが多いインスタンスの共起パターン数の1.5倍以上のパターンを抽出するもの、パターンでは、既に抽出されたパタンのうち、最も共起インスタンス数が多いパタンの共起インスタンス数の2倍以上のインスタンスと共起するものとした。なお、パターンについては、以上(1)と(2)の両方を満たしたものを獲得することになる。

(3) *Espresso* では、少量のテキストにより生じる疎なデータの影響を減らすために、獲得したパターンにおける用語の一般化を行っている。本研究では、a)十分な量のWWW文書を対象としていること、b)特定の製品の構成部品を獲得においては、用語の一般化により対象製品を特徴付ける表現が欠落することになるため、獲得したパタンの一般化は行わなかった。

5 評価実験と考察

提案手法にて試験対象製品の構成部品を表す語が獲得できるかを調査するため、試験対象製品を「自動車」とし、その構成部品を獲得する以下の実験を行った。

5.1 実験設定

システムへの入力

シードインスタンスを構成する単語対を含むWWW文書(約8700文書)を検索エンジン¹を用いて収集する。これらをChasenにより形態素解析した品詞情報付きの形態素列をシステムへの入力とした。ここで、シードとしては、自動車の構成部品である「エンジン」、「ブレーキ」、「タイヤ」等の10個のインスタンスを与えた。

インスタンス、パターン抽出

メモリ使用量削減のため、パターンとしては、形態素数が4以上10以下のものを抽出し、インスタンスとしては5形態素以下の名詞または未知語からなる語を抽出した。パタンの例は以下のような品詞情報付きの形態素列で、前反復より入力されたインスタンスの全体一部分に該当する箇所を<ALL>、<PART>に置き換えたものである。

パタンの例:

<ALL> で使われる <PART> などの駆動系部品

実験は以下のシステムにより行った。

¹ <http://developer.yahoo.co.jp/>

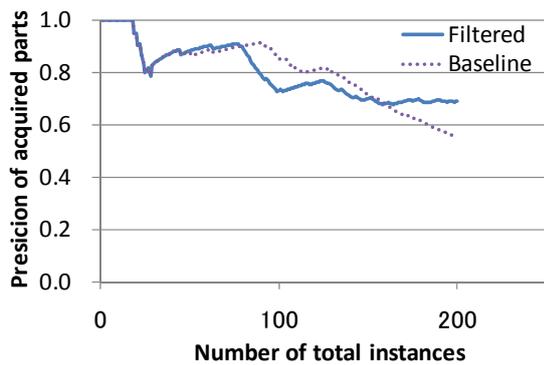


図1 適合率の比較

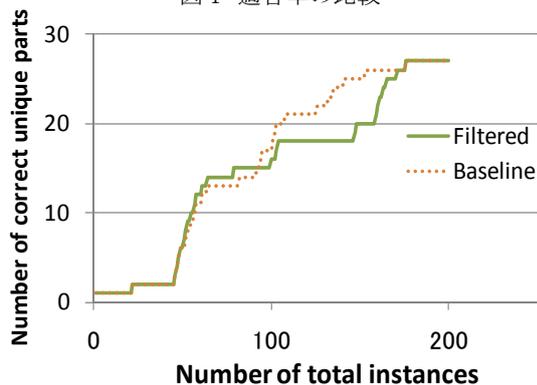


図2 正解部品異なり数の比較

- (1) Filtered: 提案手法。
- (2) Baseline: 提案手法のうちジェネリックなパタン・インスタンスの獲得制限を行わない。

5.2 実験結果・考察

各システムともに 200 インスタンスを獲得するまで繰り返して動作させた。各順位において獲得されたインスタンスについて、全体-部分関係における部分(部品)の方の精度を図1に、獲得した正解部品の異なり数²を図2に示す。

図1より2つのシステムを比較するとジェネリックなパタン・インスタンスの獲得制限を行った方が、100位前後では精度が低いものの、150位以降では精度が高く、それ以降の精度低下が緩やかである。図2より200位までに獲得した正しい部品の異なり数は同数であった。これは、基準とした手法に対する再現率の比を表す相対再現率[8]が同程度であることを表している。以上よりジェネリックなパタン・インスタンスの獲得を制限することで、高い精度を確保し、かつ、再現率を低下せずに部品情報を獲得できることが確認できた。なお、本実験ではジェネリックなパタンの獲得は抑制されたが、インスタンスは初回反復から共起数の多いものが獲得されており、共起数に基づいて獲得が抑制は行われなかった。

また、反復の進展に従い新たなパタン、インスタンスの抽出を行う効果を確認するために、初回の反復と、反復2回

² 「自動車:エンジン」、「車:エンジン」は異なるインスタンスであるが、獲得した部品としては同一である

表1 正解獲得数の比較

	反復	初回	2~24回
正解異なり部品数		8	21
延べ正解部品数		41	109

から獲得インスタンス数が200に達する反復24回までとで、それぞれで獲得した正解異なり部品数と延べ正解部品数を表1に示す。初回反復で抽出され、反復2回以降に獲得されたインスタンスは「初回」の列に含む。正解異なり部品数、延べ正解部品数ともに、7割程度が反復2回以降で獲得されている。このことから、提案したパタン獲得時の共起範囲制御により、反復の進展に従って新たに正解のインスタンスとそれを抽出するパタンが抽出され、再現率が向上することがわかる。

6 おわりに

試験対象の工業製品の部品情報の獲得のためにブートストラップ手法 *Espresso* を改良した手法を提案した。実験により、反復の進展に従ってインスタンス、パタンを新規に抽出し、部品情報を獲得できることを確認した。

今後の課題は、より高精度なインスタンス獲得のための手法や、獲得した部品情報による対象製品と不具合事例との関連付け等の検討である。

参考文献

- [1] 独立行政法人 科学技術振興機構: 失敗知識データベース (<http://shippai.jst.go.jp/>).
- [2] 独立行政法人 製品評価技術基盤機構: 平成19年度事故情報収集制度報告書, 2008.
- [3] Patrick Pantel, Marco Pennacchiotti, "Espresso: leveraging generic patterns for automatically harvesting semantic relations," *In Proc. of the 21st International Conference on Computational Linguistics and the 44th annual meeting of the ACL*, pp. 113 - 120, Sydney, Australia, 2006.
- [4] 荒牧英治, 今井健, 梶野正幸, 美代賢吾, 大江和彦: メタ関係を利用したテキストからの人体部位関係の抽出. 言語処理学会 第12回年次大会論文集, pp.508-511, 2006.
- [5] 小町守, 工藤拓, 新保仁, 松本裕治: カーネル法を用いた意味的類似度の定義とブートストラップの一般化. 言語処理学会 第14回年次大会論文集, pp.825-828, 2008.
- [6] 小町守, 鈴木久美: 検索ログからの半教師あり意味知識獲得の改善. 人工知能学会論文誌, Vol.23, No.3, pp.217-225, 2008.
- [7] 水口弘紀, 河合英紀, 土田正明, 久寿居大: Web知識を利用したブートストラップによる辞書増殖手法. 電子情報通信学会 第18回データ工学ワークショップ論文集 E8-5, 2007.
- [8] P. Pantel, D. Ravichandran, and E. H. Hovy, "Towards terascale knowledge acquisition," *In Proc of the 20th international conference on Computational Linguistics: COLING-04*, pp. 771-777, Geneva, Switzerland, 2004.